

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 042 330**

②1 N° d'enregistrement national : **15 02336**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 K 16/00 (2017.01), H 02 K 1/27, 11/30, B 62 D 5/04**

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 **Date de dépôt** : 05.11.15.

③0 **Priorité** : 12.10.15 FR 1502151.

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 14.04.17 Bulletin 17/15.

⑤6 **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire** : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

⑦1 **Demandeur(s)** : *WHYLOT Société par actions simplifiée — FR.*

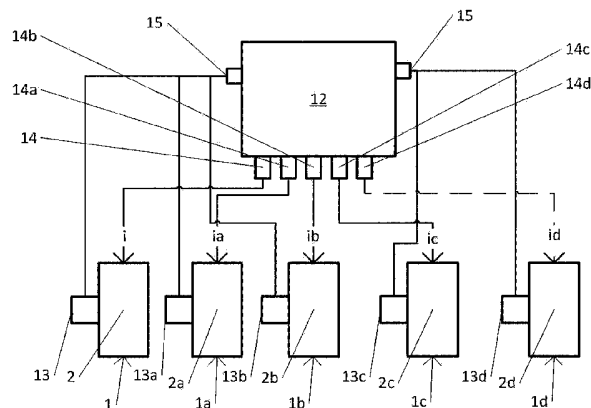
⑦2 **Inventeur(s)** : SAVIN SERGHEI, TIEGNA HUGUETTE, MIHAILA VASILE et RAVAUD ROMAIN.

⑦3 **Titulaire(s)** : WHYLOT Société par actions simplifiée.

⑦4 **Mandataire(s)** : WHYLOT.

⑤4 **DIRECTION ASSISTÉE DE VEHICULE AUTOMOBILE AVEC UN MOTEUR<sup>à</sup> ELECTROMAGNETIQUE A FLUX MAGNETIQUE AXIAL ET UNE ALIMENTATION ELECTRIQUE DES STATORS DU MOTEUR SE FAISANT EN PARALLELE<sup>à</sup> A REDONDANCE.**

⑤7 La présente invention porte sur une direction assistée de véhicule automobile comprenant un moteur électrique délivrant un couple d'assistance destiné à un volant de direction du véhicule. La direction assistée comprend aussi un contrôle commande (12) permettant le pilotage du moteur et son alimentation électrique afin d'assurer la redondance du système. Le moteur est à flux magnétique axial à plusieurs entrefers entre au moins deux stators (1, 1a à 1d) et au moins un rotor, l'alimentation électrique desdits au moins deux stators (1, 1a à 1d) se faisant en parallèle.



**FR 3 042 330 - A1**



« Direction assistée de véhicule automobile avec un moteur électromagnétique à flux magnétique axial et une alimentation électrique des stators du moteur se faisant en parallèle à redondance»

5

La présente invention concerne une direction assistée de véhicule automobile avec un moteur électromagnétique à flux magnétique axial et une alimentation électrique des stators du moteur se faisant en parallèle.

10 Dans une direction assistée, un moteur électrique est utilisé en complément de la force de direction manuelle exercée par le conducteur du véhicule.

Dans le cadre de l'invention, le moteur à flux magnétique axial de la direction assistée peut comprendre un rotor avec deux stators définissant entre eux deux entrefers ou plusieurs stators avec plusieurs rotors définissant 15 entre eux plus de deux entrefers. Le moteur électromagnétique comprend un arbre de sortie relié au(x) rotor(s) pour délivrer le couple complémentaire de la force de direction.

Par exemple, le document FR-A-2 926 688 décrit un moteur synchrone à aimants permanents à flux magnétique radial destiné à un système de 20 direction assistée électrique pour véhicule automobile. Il est recherché dans ce document à réduire l'épaisseur d'aimant tout en conservant les caractéristiques de couple et de résistance de désaimantation.

D'une manière classique, un moteur électromagnétique de direction assistée de véhicule automobile est destiné à délivrer un couple d'assistance 25 destiné à un volant de direction du véhicule. Ce moteur électromagnétique comporte au moins un stator et au moins un rotor, au moins un entrefer étant défini entre lesdits au moins un stator et au moins un rotor.

Au moins un aimant permanent est porté par ledit au moins un rotor, tandis qu'une série d'éléments de bobinage est portée par ledit au moins un 30 stator, ledit au moins un rotor étant relié à un arbre de sortie du moteur transmettant le couple d'assistance vers le volant de direction.

Dans des applications de direction assistée, les contraintes majeures sont la réduction de la masse et de l'encombrement du moteur pour un rendement optimal.

35

Le document FR-A-2 832 685 décrit une direction assistée avec trois moteurs électriques agissant en parallèle en étant alimentés électriquement en parallèle, les couples délivrés par les moteurs s'additionnant en fonctionnement normal. Ce document prévoit des moyens de détection d'un  
5 dysfonctionnement dans l'ensemble des trois moteurs pour maintenir un fonctionnement en mode dégradé.

L'ensemble des trois moteurs présente un encombrement ne favorisant pas son implantation dans une direction assistée de véhicule automobile.

Le problème à la base de la présente invention est de concevoir une  
10 direction assistée avec un seul moteur électromagnétique qui puisse délivrer un couple massique élevé en présentant un encombrement le plus réduit possible, le couple délivré par cette direction assistée étant réglable selon les conditions de conduite avec possibilité de redondance.

A cet effet, on prévoit selon l'invention une direction assistée de  
15 véhicule automobile comprenant un moteur électrique délivrant un couple d'assistance destiné à un volant de direction du véhicule, le moteur comportant au moins un stator et au moins un rotor, au moins un entrefer étant défini entre lesdits au moins un stator et au moins un rotor, au moins un aimant permanent étant porté par ledit au moins un rotor tandis qu'une série  
20 d'éléments de bobinage est portée par ledit au moins un stator, ledit au moins un rotor étant relié à un arbre de sortie du moteur transmettant le couple d'assistance, la direction assistée comprenant aussi un contrôle commande assurant le pilotage du moteur et son alimentation électrique, caractérisée en ce que le moteur est un moteur électromagnétique à flux magnétique axial à  
25 plusieurs entrefers entre au moins deux stators et au moins un rotor, l'alimentation électrique desdits au moins deux stators se faisant en parallèle.

Dans le cas spécifique et non limitatif d'une redondance pour défaillance d'au moins un des stators requérant selon l'état de la technique plusieurs moteurs, la présente invention n'utilise qu'un moteur à flux axial à  
30 plusieurs entrefers, ce moteur étant aussi dénommé moteur à flux axial polyentrefers et donc d'un encombrement moindre que plusieurs moteurs avec leur carcasse respective prenant de la place.

De manière générale, la présente invention permet une modulation de la puissance et une répartition de la charge de travail sur différents ensembles  
35 de stator et rotor faisant partie d'un même moteur. Alors que dans l'état de la

technique, hors d'un cas de redondance, il est utilisé un seul moteur avec un seul stator et rotor, la présente invention permet d'utiliser au moins un moteur mais avec plusieurs stators et plusieurs rotors, l'intensité électrique étant partagée par les stators qui sont alimentés en parallèle. Il y a donc des possibilités de modulation du couple fourni par le moteur plus nombreuses que celles proposées par l'état de la technique.

Avantageusement, au moins deux moteurs à flux magnétique axial à plusieurs entrefers sont connectés en parallèle, la direction assistée comprenant un moyen mécanique de couplage et découplage des arbres desdits aux moins deux moteurs. Cette possibilité permet de résoudre un problème survenant à un rotor dans l'un des moteurs, par exemple un décollement d'aimant.

Dans ce cas, comme il n'est pas possible d'isoler un rotor à aimant en panne dans un tel moteur comme tous les rotors du moteur ont le même arbre, il y a le risque que les débris d'un aimant décollé créent un court-circuit sur les stators du moteur mettant ainsi tout le moteur hors-service. Pour éviter cela, il convient d'arrêter le moteur à flux axial et de le remplacer dans son fonctionnement par un deuxième moteur à flux axial qui était redondant.

Il convient de garder à l'esprit qu'une direction assistée comprenant au moins un moteur à flux axial n'était pas connue de l'état de la technique, un moteur à flux radial lui étant préféré. Comparé à un moteur à flux radial, un moteur à flux axial présente un encombrement moindre. Même s'il existait une combinaison de deux moteurs à flux radial connectés en parallèle, cet ensemble serait nettement plus encombrant que deux moteurs à flux axial comme le propose la présente invention. Il est donc plus intéressant en terme de poids, de masse et d'encombrement d'associer plusieurs moteurs à flux axial en parallèle pour assurer la redondance que plusieurs moteurs à flux radial.

Avantageusement, le contrôle commande comprend des moyens de variation des intensités de courant alimentant respectivement un desdits au moins deux stators entre une intensité nulle et une intensité maximale. Il est alors par exemple possible de ménager une série de bobinages portée par un stator par rapport aux autres séries de bobinages d'autres stators en lui appliquant une intensité électrique moindre que celles des autres stators. Le ou les stators assurant la redondance peuvent par exemple être alimentés

sous une intensité électrique faible ou être non alimentés. Les intensités électriques des stators du moteur à flux axial peuvent aussi différer selon le couple d'assistance demandé.

5           Avantageusement, le contrôle commande comprend des moyens de calcul ou de détection du couple d'assistance demandé à la direction assistée pour le volant de direction du véhicule et des moyens de calcul des intensités pour l'alimentation électrique d'au moins une partie desdits au moins deux stators pour délivrer le couple évalué. Cela peut permettre de répondre de manière appropriée à un couple demandé d'aide au braquage du véhicule.

10           Avantageusement, lesdits au moins deux stators sont alimentés électriquement simultanément. Ceci est le cas autre qu'une redondance pure pour lequel un stator n'est pas alimenté électriquement.

          Avantageusement, au moins un desdits au moins deux stators n'est pas alimenté électriquement pour assurer une redondance et le contrôle commande comprend des moyens de commande d'activation de l'alimentation électrique dudit au moins un stator assurant une redondance quand des moyens de détection d'une anomalie présents au moins sur l'autre ou au moins l'un des autres stators alimentés électriquement détectent un dysfonctionnement de leur stator associé, les moyens de détection étant connectés à des moyens de signalement d'une anomalie faisant partie du contrôle commande. Ainsi, le contrôle commande peut détecter un dysfonctionnement ou même un indice d'un dysfonctionnement futur d'un stator et le met hors circuit en le remplaçant par le ou les stators redondants pour assurer le couple ou pour le ménager.

25           Avantageusement, les moyens de détection d'une anomalie détectent un court-circuit dans une série d'éléments de bobinage portée par l'autre ou au moins l'un des autres stators. Un court-circuit est une panne pouvant survenir dans une série de bobinages d'un stator et sa détection, particulièrement quand elle est prématurée, se révèle très avantageuse pour le fonctionnement de la direction assistée.

30           Avantageusement, quand le contrôle commande comprend des moyens d'évaluation du couple à fournir par la direction assistée et des moyens de calcul des intensités de courant à au moins une partie desdits au moins deux stators pour délivrer le couple évalué, des moyens de mesure du couple effectif de sortie du moteur et des moyens de comparaison du couple

35

évalué avec le couple effectif, le contrôle commande comprenant des moyens de commande de l'activation de l'alimentation électrique dudit au moins un stator assurant une redondance, quand les moyens de comparaison indiquent un couple effectif inférieur au couple évalué. Il peut donc y avoir adaptation des intensités électriques alimentant les stators en fonction du couple, ceci aussi bien en augmentation qu'en diminution des intensités.

Avantageusement, le moteur électromagnétique est associé à un multiplicateur de vitesse.

L'invention concerne aussi un procédé de commande d'un moteur électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers d'une telle direction assistée, dans lequel au moins un stator n'est pas alimenté électriquement en assurant une redondance, le ou les autres stators étant alimentés électriquement pour délivrer un couple d'assistance destiné à un volant de direction du véhicule, caractérisé en ce que, quand une anomalie est détectée sur un stator alimenté électriquement, il est procédé à l'activation de l'alimentation électrique dudit au moins un stator assurant une redondance.

L'invention concerne aussi un procédé de commande d'un moteur électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers d'une telle direction assistée, caractérisé en ce que l'intensité de l'alimentation électrique de chaque stator est réglable en fonction d'un couple à fournir par la direction assistée, l'intensité électrique étant répartie également entre tous les stators ou un au moins des stators étant non alimenté électriquement ou alimenté à une intensité moindre que les autres stators.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et au regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'une vue en coupe axiale d'un mode de réalisation d'un moteur polyentrefers à flux axial intégré dans une direction assistée selon la présente invention, le moteur électromagnétique selon ce mode de réalisation comprenant deux stators et un rotor,

- la figure 2 est une représentation schématique d'une vue en perspective en demi-coupe axiale d'un autre mode de réalisation d'un moteur polyentrefers à flux axial intégré dans une direction assistée selon la présente

invention, le moteur électromagnétique selon ce mode de réalisation comprenant plusieurs stators et plusieurs rotors,

- la figure 3 est une représentation schématique d'un contrôle commande pour une direction assistée selon la présente invention, ce contrôle commande étant associé à des capteurs de détection et à des stators du moteur électromagnétique à flux axial.

La figure 1 montre une vue longitudinale du moteur M électromagnétique présentant un double entrefer ayant un rotor 3 avec ou sans fer portant un ou des aimants. Le rotor 3 est placé entre deux stators 1, 1a ayant un circuit magnétique 4, 4a et comportant une série d'éléments de bobinage 2, 2a. L'ensemble formé par le rotor 3 et les stators 1, 1a est disposé autour d'un arbre de sortie 9 du moteur M solidaire du rotor 3. Des roulements 10 permettent un mouvement de rotation du rotor 3 et de l'arbre de sortie 9 autour d'un axe longitudinal du moteur M le long duquel s'étend l'arbre 9. Une carcasse 11 permet de maintenir, de protéger et d'assembler les pièces du moteur M.

La figure 2 montre une demi-coupe longitudinale parallèle à l'axe longitudinal du moteur M vue en perspective. Le moteur M comporte quatre rotors 3, 3a, 3b, 3c portant les aimants. Ces quatre rotors 3, 3a, 3b, 3c sont intercalés entre cinq stators 1, 1a, 1b, 1c, 1d chacun portant chacun au moins une série d'éléments de bobinage 2, 2a, 2b, 2c, 2d. Des entrefers respectifs sont prévus entre chaque rotor 3, 3a, 3b, 3c et les deux stators 1, 1a, 1b, 1c, 1d l'encadrant.

Chacun des rotors 3, 3a à 3c ainsi que chacun des stators 1, 1a à 1d sont avantageusement sous la forme d'un disque centré autour de l'arbre 9 de sortie du moteur M. Tous ces disques sont concentriques et disposés axialement l'un après l'autre par rapport à l'axe longitudinal du moteur le long duquel s'étend l'arbre 9 de sortie du moteur M.

Les rotors 3, 3a à 3c sont reliés à l'arbre 9 de sortie. Les stators 1, 1a à 1d aussi sous forme de disques, peuvent être reliés entre eux à leur périphérie extérieure par une forme cylindrique formant carcasse 11 et les englobant.

La carcasse 11, enveloppant aussi à distance les rotors 3, 3a à 3c est reliée à l'arbre 9 de sortie par des roulements 10, avantageusement à

chacune de ses extrémités. L'arbre 9 de sortie et les rotors 3, 3a à 3c peuvent donc librement tourner autour de la carcasse 11.

De manière générale car les modes de réalisation montrés aux figures 1 et 2 ne sont pas limitatifs, tout en se référant à ces figures pour les 5 références numériques, la présente invention concerne un moteur électromagnétique M comportant au moins un stator 1, 1a à 1d et au moins un rotor 3, 3a à 3c, au moins un entrefer étant défini entre lesdits au moins un stator 1, 1a à 1d et au moins un rotor.

Dans ce moteur M, au moins un aimant permanent est porté par ledit 10 au moins un rotor 3, 3a à 3c, tandis qu'une série d'éléments de bobinage 2, 2a à 2d est portée par ledit au moins un stator. Le ou les rotors 3, 3a à 3c présents dans le moteur M sont reliés à un arbre 9 de sortie du moteur M transmettant le couple d'assistance. Un tel moteur M est intégré dans une direction assistée de véhicule automobile délivrant un couple d'assistance 15 destiné à un volant de direction du véhicule. La direction assistée comprend aussi un contrôle commande 12 assurant le pilotage du moteur M et son alimentation électrique.

Selon la présente invention, le moteur M est un moteur M électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers entre au 20 moins deux stators 1, 1a à 1d et au moins un rotor 3, 3a à 3c, l'alimentation électrique desdits au moins deux stators 1, 1a à 1d se faisant en parallèle. Ceci se démarque complètement des directions assistées de l'état de la technique, les moteurs M largement utilisés dans ces directions assistées connues étant des moteurs M à flux radial. Un tel moteur M 25 électromagnétique à flux axial selon la présente invention peut être associé ou non à un multiplicateur de vitesse.

A la figure 1, il est montré deux entrefers entre un rotor 3 et deux stators 1, 1a tandis qu'à la figure 2 il est montré huit entrefers entre cinq 30 stators 1, 1a à 1d et quatre rotors 3, 3a à 3c. Dans d'autres modes de réalisation de l'invention, le moteur M électromagnétique peut comprendre au moins un rotor 3, 3a à 3c intercalé entre au moins deux stators 1, 1a à 1d, ce qui correspond au mode de réalisation illustré à la figure 1.

Dans d'autres modes de réalisation de l'invention, un de ces modes étant par exemple montré à la figure 2, le moteur M électromagnétique peut 35 être constitué d'au moins deux stators 1, 1a à 1d et d'au moins deux rotors 3,



3a à 3c reliés à l'arbre 9 de sortie du moteur M, à la figure 2 cinq stators 1, 1a à 1d et quatre rotors 3, 3a à 3c. De manière générale, le moteur M peut comprendre n stators 1, 1a à 1d et n+1 rotors 3, 3a à 3c ou n-1 rotors 3, 3a à 3c.

5            Quand le moteur M électromagnétique comprend plusieurs rotors 3, 3a à 3c, les rotors 3, 3a à 3c peuvent être reliés successivement à l'arbre 9 de sortie du moteur M ou sont reliés à un arbre respectif relié à l'arbre 9 de sortie du moteur M. C'est la première disposition de rotors 3, 3a à 3c successifs qui est la préférée.

10           En général, il est préféré que ce soit le ou les rotors 3, 3a à 3c qui portent les aimants et le ou les stators 1, 1a à 1d qui portent les éléments de bobinage 2, 2a à 2d mais ceci peut être inversé.

             De préférence, le ou les rotors 3, 3a à 3c sont constitués d'un seul aimant annulaire monopiece. Cet aimant peut être choisi parmi les aimants  
15           ferrites, les aimants à base de terres rares comme des aimants néodyme-fer-bore ou des aimants samarium cobalt, des aimants à base d'aluminium, de nickel et de cobalt, avec ou sans liant thermoplastique, ce qui n'est pas limitatif.

             Quand le moteur M électromagnétique comprend au moins deux  
20           stators 1, 1a à 1d, les deux stators 1, 1a à 1d ou plus sont connectés électriquement en parallèle.

             Dans un mode de réalisation de l'invention, il peut y avoir au moins deux moteurs M à flux magnétique axial et polyentrefers qui sont connectés en parallèle. La direction assistée comprend alors un moyen mécanique de  
25           couplage et découplage des arbres desdits aux moins deux moteurs M. Ces deux moteurs peuvent travailler simultanément ou en alternance. Un mode préféré prévoit une redondance sur un moteur M ayant un problème sur au moins un rotor, ce qui implique fréquemment l'arrêt complet du moteur M, les rotors 3, 3a, 3b, 3c d'un moteur M étant montés sur le même arbre.

30           Comme il est visible à la figure 3 tout en se référant notamment à la figure 2, le contrôle commande 12 peut comprendre des moyens de variation 14, 14a à 14d des intensités  $i$ ,  $i_a$  à  $i_d$  de courant alimentant respectivement un desdits au moins deux stators 1, 1a à 1d entre une intensité nulle et une intensité maximale.

Le contrôle commande 12 peut aussi comprendre des moyens de calcul ou de détection du couple d'assistance demandé à la direction assistée pour le volant de direction du véhicule et des moyens de calcul des intensités  $i$ ,  $i_a$  à  $i_d$  pour l'alimentation électrique d'au moins une partie desdits au moins deux stators 1, 1a à 1d pour délivrer le couple évalué.

Il est possible d'avoir plusieurs modes de réalisation de la présente invention. Par exemple, tous les stators 1, 1a à 1d peuvent être alimentés électriquement simultanément en parallèle.

Dans un autre mode de réalisation, toujours en se référant principalement aux figures 2 et 3, au moins un 1d desdits au moins deux stators 1, 1a à 1d n'est pas alimenté électriquement pour assurer une redondance. La ligne d'alimentation électrique d'intensité  $i_d$  de ce stator assurant la redondance 1d est dessinée en pointillés à la figure 3 pour bien montrer que ce stator 1d peut ne pas être alimenté électriquement. Il peut y avoir plusieurs stators assurant la redondance bien qu'un seul soit illustré à la figure 3.

Dans ce mode de réalisation, le contrôle commande 12 comprend des moyens de commande d'activation de l'alimentation électrique du stator assurant une redondance 1d quand des moyens de détection 13, 13a à 13c d'une anomalie présents au moins sur l'autre ou au moins l'un des autres stators 1, 1a à 1c alimentés électriquement détectent un dysfonctionnement de leur stator associé 1, 1a à 1c.

Il est aussi possible de munir le ou les stators assurant une redondance 1d de moyens de détection 13d pour ne pas réduire ce ou ces stators au rôle de stator(s) assurant une redondance 1d.

Pour ce faire, les moyens de détection 13, 13a à 13d peuvent être connectés à des moyens de signalement 15 d'une anomalie faisant partie du contrôle commande 12. A la figure 3, il est montré des moyens de signalement 15 séparés mais ces moyens peuvent être regroupés.

Il est ainsi possible de n'utiliser qu'une partie des stators 1, 1a à 1c afin d'effectuer une redondance avec un ou des stators 1d de réserve. Le ou les stators de réserve assurant la redondance 1d ne sont connectés qu'en cas de panne de l'autre ou d'un autre des stators 1, 1c en activité.

L'anomalie détectée peut être de plusieurs types. Par exemple, une trop forte augmentation en température de la série d'éléments de bobinage 2,

2a à 2d en fonctionnement peut être représentatif d'un dysfonctionnement. L'anomalie la plus grave est cependant un court-circuit dans au moins une série d'éléments de bobinage 2, 2a à 2d. Les moyens de détection 13, 13a à 13c d'une anomalie peuvent ainsi détecter un court-circuit dans une série  
5 d'éléments de bobinage 2, 2a à 2c portée par l'autre ou au moins l'un des autres stators 1, 1a à 1c.

Typiquement, une série d'éléments de bobinage 2, 2a à 2d est composée d'une suite de bobinages de fil métallique bon conducteur d'électricité, par exemple en aluminium ou en cuivre, d'une dent et de deux  
10 encoches encadrant chaque dent sur chacun de ses côtés. C'est ce fil qui peut provoquer un court-circuit quand il est mal isolé. Ce fil peut aussi se rompre en ne permettant plus l'alimentation électrique de son stator associé. Les moyens de détection 13, 13a à 13c d'une anomalie peuvent aussi contrôler l'intensité électrique  $i$ ,  $i_a$  à  $i_c$  dans les stators 1, 1a à 1c.

15 Le ou les stators assurant la redondance 1d peuvent aussi être alimentés électriquement quand le fonctionnement de la direction assistée le requiert même s'il n'y a pas forcément une grave anomalie constatée pour le ou les autres stators 1, 1a à 1c.

Ainsi, le contrôle commande 12 peut comprendre des moyens  
20 d'évaluation du couple à fournir par la direction assistée et des moyens de calcul des intensités  $i$ ,  $i_a$  à  $i_d$  de courant à au moins une partie desdits au moins deux stators 1, 1a à 1c pour délivrer le couple évalué, des moyens de mesure du couple effectif de sortie du moteur M et des moyens de comparaison du couple évalué avec le couple effectif.

25 Dans ce cas, quand les moyens de comparaison indiquent un couple effectif inférieur au couple évalué, le contrôle commande 12 peut comprendre des moyens de commande de l'activation de l'alimentation électrique du ou des stators assurant une redondance 1d.

Le stator présentant une anomalie ou un comportement représentatif  
30 d'un trop fort vieillissement peut avoir son alimentation électrique désactivée par le contrôle commande 12 pour sa protection. Le contrôle commande 12 peut alors comprendre des moyens de commande d'une interruption de l'alimentation électrique du stator présentant une anomalie quand les moyens d'activation de l'alimentation électrique dudit stator assurant une redondance  
35 1d sont en fonctionnement.

La série d'éléments de bobinage 2, 2a à 2d d'un des deux stators 1, 1a à 1d ou plus peut être décalée angulairement par rapport à la série d'éléments de bobinage 2, 2a à 2d de l'autre stator.

5 Chacun des éléments de bobinage 2, 2a à 2d peut comprendre une dent portant une bobine, chaque dent étant encadrée sur chacun de ses côtés par une encoche. Les dents présentes sur un stator 1, 1a à 1d externe peuvent être décalées par rapport aux dents présentes sur un autre stator.

De même, les encoches de toutes les séries de bobinage peuvent présenter des moyens de canalisation du flux magnétique. Les encoches sont  
10 avantageusement fermées sur la majeure partie de leur face en vis-à-vis de l'entrefer associée, une ouverture de passage de flux magnétique étant présente sur ladite face.

Les dents peuvent être en fer, comme c'est le cas de manière usuelle, ou ne pas comprendre de fer, ce qui permet de diminuer un couple de détente  
15 s'appliquant sur le moteur M. Dans ce cas, les dents peuvent être en matériau plastique, composite, céramique ou en verre.

Dans un mode de réalisation préférentielle de la présente invention, un élément de séparation est disposé entre chaque encoche d'une dent et l'encoche de la dent successive. Le terme élément de séparation caractérise  
20 un élément se trouvant entre deux encoches.

Cet élément de séparation peut être en matériau ferromagnétique quand les dents de bobinage sont en fer ou en matériau ferromagnétique. En alternative, l'élément de séparation peut être en matériau isolant quand les dents ne contiennent pas de fer. Avantageusement, les dents et les éléments  
25 de séparation pour chaque stator 1, 1a à 1d interne ou externe font partie d'un même élément.

Ce qui a été décrit pour une anomalie dans un ou des stators 1, 1a à 1c, est aussi valable pour une anomalie concernant un rotor 3, 3a à 3c.

La direction assistée selon la présente invention peut comprendre au  
30 moins deux rotors 3, 3a à 3c dont l'un 3c desdits au moins deux rotors 3, 3a à 3c est associé avec un stator 1d lui étant spécifiquement dédié, ledit stator étant non alimenté électriquement et assurant une redondance 1d.

L'anomalie la plus fréquente affectant un rotor est la perte d'un aimant ou d'aimants par détachement du rotor. Selon la présente invention, il est  
35 préféré d'arrêter le moteur M présentant au moins un rotor déficient. C'est

pourquoi il est prévu d'accoupler à un moteur à flux axial à plusieurs entrefers un autre moteur à flux axial à plusieurs entrefers en parallèle.

5 Cette anomalie peut être détectée sur un ou des rotors 3, 3a, 3b, 3c par un capteur de présence dudit au moins un aimant permanent qu'ils portent.

10 Le ou les capteurs de présence peuvent être connectés à des moyens de signalement d'une anomalie faisant partie du contrôle commande 12. Quand le ou les capteurs de présence signalent l'absence dudit au moins un aimant permanent sur au moins un des rotors 3, 3a à 3c. Quand la direction assistée comprend un deuxième moteur à flux axial accouplé en parallèle au premier moteur présentant une déficience sur au moins un rotor 3, 3a à 3c, le contrôle commande 12 peut comprendre des moyens d'arrêt du premier moteur M et des moyens d'activation de l'alimentation électrique du deuxième moteur M.

15 L'anomalie peut concerner aussi un endommagement de l'aimant ou des aimants et/ou une désaimantation de l'aimant ou des aimants ou tout autre problème relatif aux aimants.

20 Dans un mode de réalisation, le ou les rotors 3, 3a à 3c du moteur M peuvent comprendre plusieurs aimants. Il est cependant préféré que le ou les rotors 3, 3a à 3c comprennent un unique aimant. Il convient donc de vérifier que cet unique aimant remplit correctement son rôle.

25 La présente invention peut comprendre un procédé de commande d'un moteur M électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers d'une direction assistée tel que décrit précédemment. Dans ce procédé, au moins un stator n'est pas alimenté électriquement en assurant une redondance 1d. Le ou les autres stators 1, 1a à 1c sont alors alimentés électriquement pour délivrer un couple d'assistance destiné à un volant de direction du véhicule.

30 Quand une anomalie est détectée sur un stator 1, 1a à 1c alimenté électriquement, il est procédé à l'activation de l'alimentation électrique dudit au moins un stator assurant une redondance 1d.

Dans une autre forme de réalisation d'un procédé de commande d'un tel moteur M électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers d'une direction assistée, l'intensité  $i$ ,  $i_a$  à  $i_d$  de l'alimentation électrique de

chaque stator 1, 1a à 1d est réglable en fonction d'un couple à fournir par la direction assistée.

Il est alors avantageux que l'intensité  $i$ ,  $i_a$  à  $i_d$  électrique soit répartie également entre tous les stators 1, 1a à 1d. En alternative, un 1d au moins  
5 des stators 1, 1a à 1d peut être non alimenté électriquement ou alimenté à une intensité  $i_d$  moindre que les autres stators 1, 1a à 1c, par exemple pour ménager ce stator 1d ou pour lui faire remplir le rôle de stator assurant une redondance.

Dans un moteur M à flux axial à plusieurs entrefers, il est possible de  
10 changer de stator(s) assurant la redondance 1d. Cela permet d'user les stators 1, 1a à 1d de manière similaire pour les faire durer le plus longtemps possible.

L'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et illustrés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemples.

## REVENDEICATIONS

1. Direction assistée de véhicule automobile comprenant un moteur (M) électrique délivrant un couple d'assistance destiné à un volant de direction du véhicule, le moteur (M) comportant au moins un stator (1, 1a à 1d) et au moins un rotor (3, 3a à 3c), au moins un entrefer étant défini entre lesdits au moins un stator (1, 1a à 1d) et au moins un rotor (3, 3a à 3c), au moins un aimant permanent étant porté par ledit au moins un rotor (3, 3a à 3c) tandis qu'une série d'éléments de bobinage (2, 2a à 2d) est portée par ledit au moins un stator (1, 1a à 1d), ledit au moins un rotor (3, 3a à 3c) étant relié à un arbre (9) de sortie du moteur (M) transmettant le couple d'assistance, la direction assistée comprenant aussi un contrôle commande (12) assurant le pilotage du moteur (M) et son alimentation électrique, caractérisée en ce que le moteur (M) est un moteur (M) électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers entre au moins deux stators (1, 1a à 1d) et au moins un rotor (3, 3a à 3c), l'alimentation électrique desdits au moins deux stators (1, 1a à 1d) se faisant en parallèle.
2. Direction assistée selon la revendication précédente, dans laquelle au moins deux moteurs (M) à flux magnétique axial et à plusieurs entrefers sont connectés en parallèle, la direction assistée comprenant un moyen mécanique de couplage et découplage des arbres desdits aux moins deux moteurs (M).
3. Direction assistée selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le contrôle commande (12) comprend des moyens de variation (14, 14a à 14d) des intensités (i, ia à id) de courant alimentant respectivement un desdits au moins deux stators (1, 1a à 1d) entre une intensité nulle et une intensité maximale.
4. Direction assistée selon la revendication précédente, dans laquelle le contrôle commande (12) comprend des moyens de calcul ou de détection du couple d'assistance demandé à la direction assistée pour le volant de

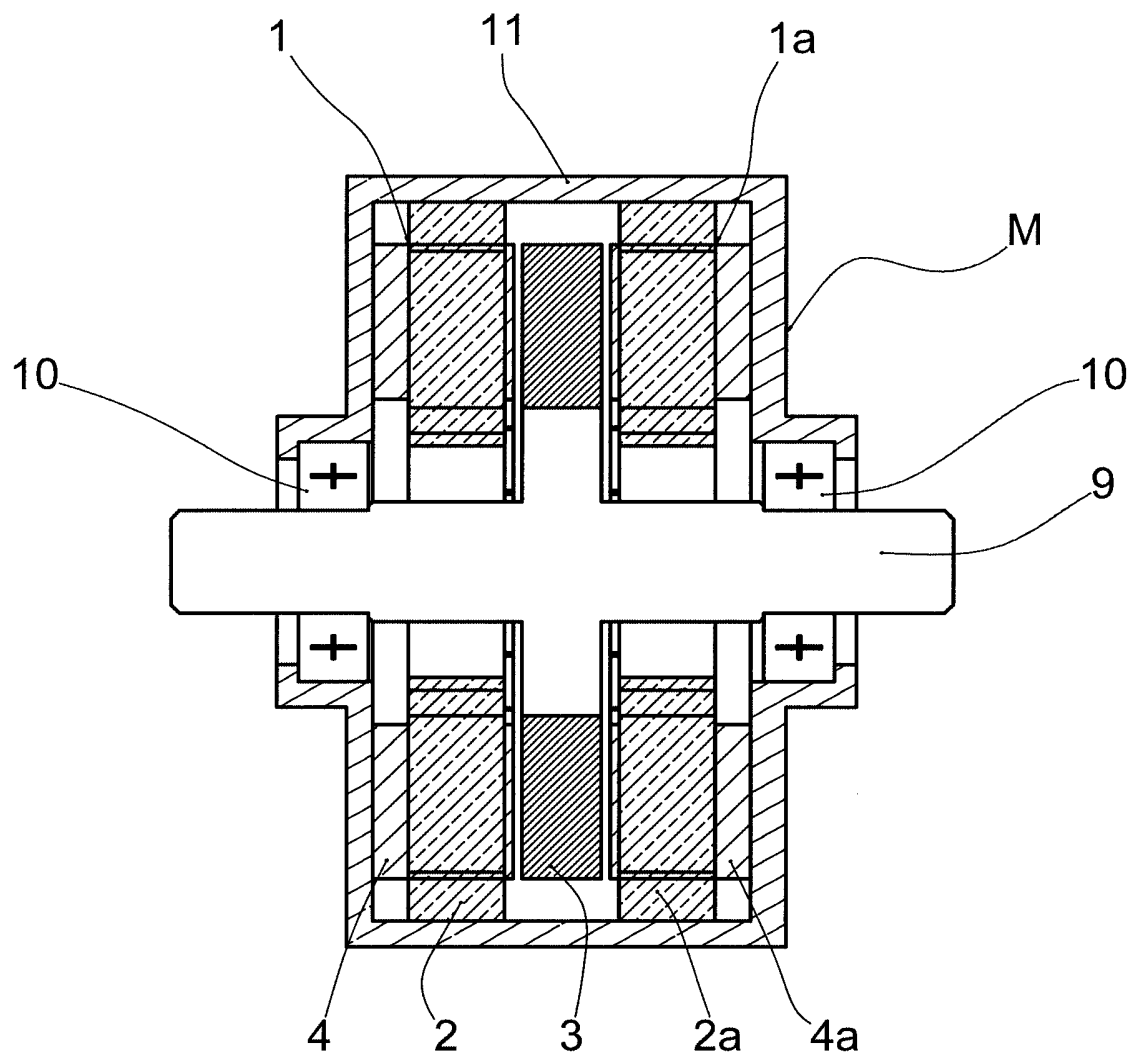
direction du véhicule et des moyens de calcul des intensités ( $i$ ,  $i_a$  à  $i_d$ ) pour l'alimentation électrique d'au moins une partie desdits au moins deux stators (1, 1a à 1d) pour délivrer le couple évalué.

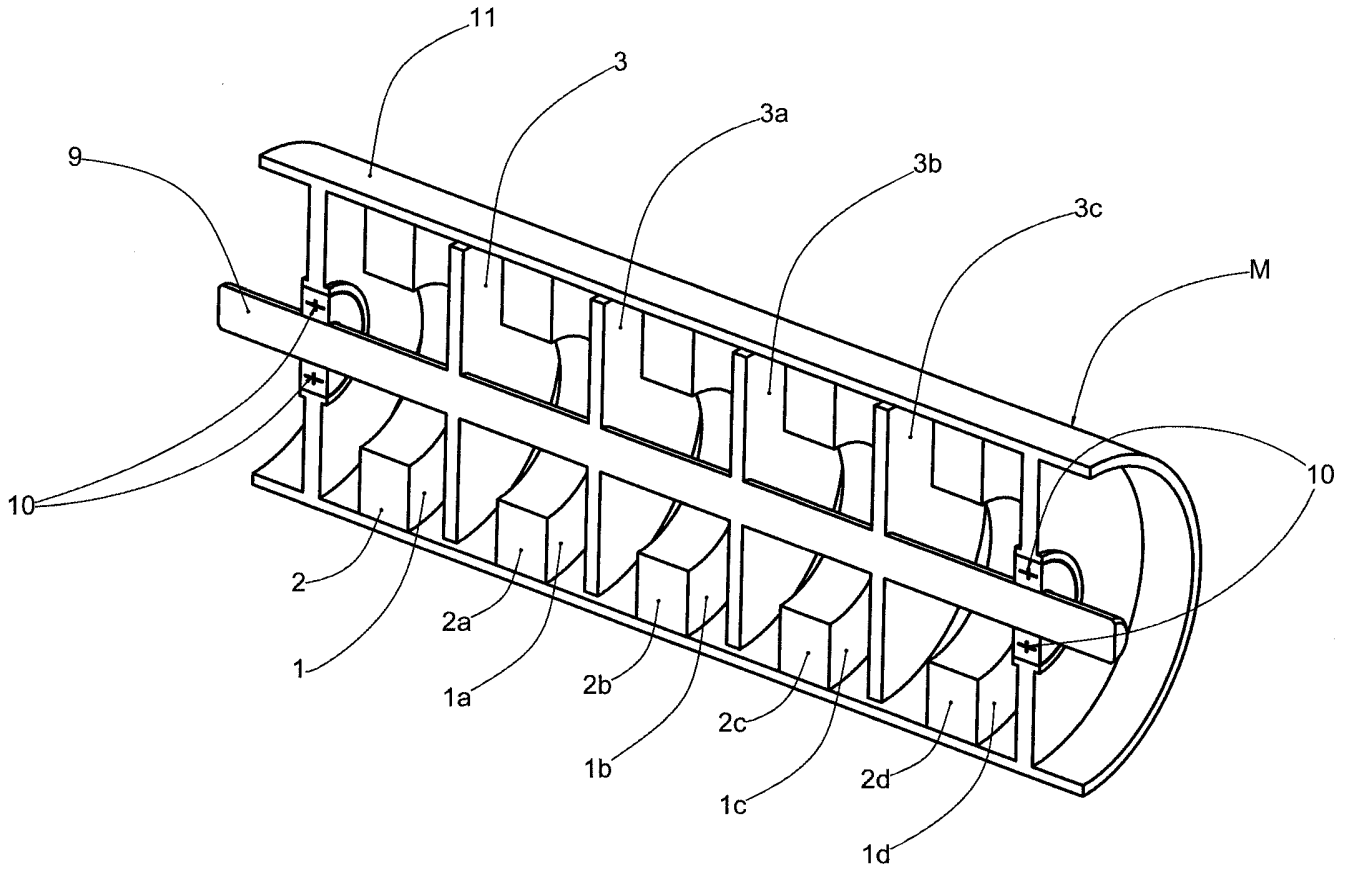
- 5 5. Direction assistée selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle lesdits au moins deux stators (1, 1a à 1d) sont alimentés électriquement simultanément.
- 10 6. Direction assistée selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle au moins un (1d) desdits au moins deux stators (1, 1a à 1d) n'est pas alimenté électriquement pour assurer une redondance et le contrôle commande (12) comprend des moyens de commande d'activation de l'alimentation électrique dudit au moins un stator assurant une redondance (1d) quand des moyens de détection (13, 13a à 13c) d'une anomalie  
15 présents au moins sur l'autre ou au moins l'un des autres stators (1, 1a à 1c) alimentés électriquement détectent un dysfonctionnement de leur stator associé (1, 1a à 1c), les moyens de détection (13, 13a à 13d) étant connectés à des moyens de signalement (15) d'une anomalie faisant partie du contrôle commande (12).
- 20 7. Direction assistée selon la revendication précédente, dans laquelle les moyens de détection (13, 13a à 13c) d'une anomalie détectent un court-circuit dans une série d'éléments de bobinage (2, 2a à 2c) portée par l'autre ou au moins l'un des autres stators (1, 1a à 1c).
- 25 8. Direction assistée selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans laquelle, quand le contrôle commande (12) comprend des moyens d'évaluation du couple à fournir par la direction assistée et des moyens de calcul des intensités ( $i$ ,  $i_a$  à  $i_d$ ) de courant à au moins une  
30 partie desdits au moins deux stators (1, 1a à 1c) pour délivrer le couple évalué, des moyens de mesure du couple effectif de sortie du moteur (M) et des moyens de comparaison du couple évalué avec le couple effectif, le contrôle commande (12) comprenant des moyens de commande de l'activation de l'alimentation électrique dudit au moins un stator assurant



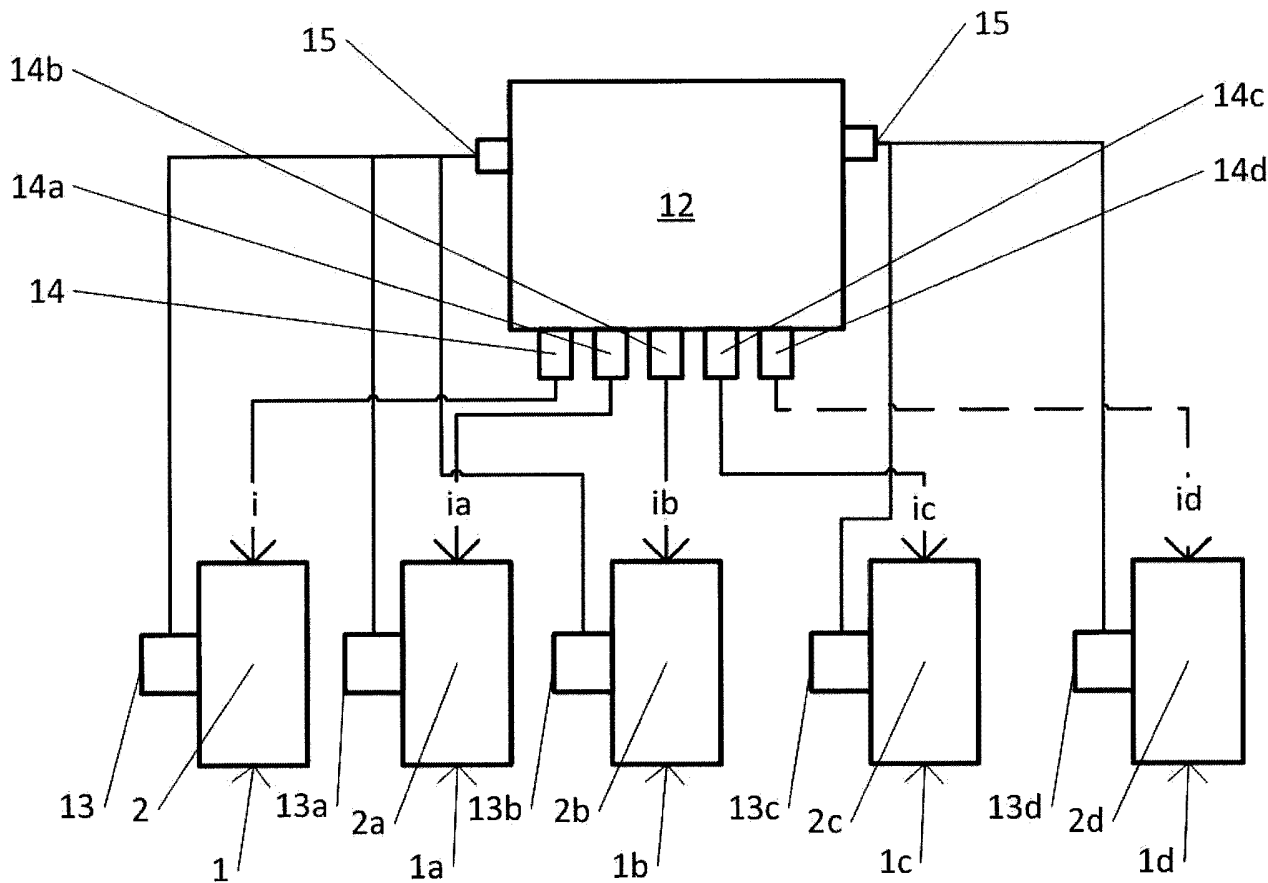
une redondance (1d), quand les moyens de comparaison indiquent un couple effectif inférieur au couple évalué.

- 5 9. Direction assistée selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le moteur (M) électromagnétique est associé à un multiplicateur de vitesse.
- 10 10. Procédé de commande d'un moteur (M) électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers d'une direction assistée selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un stator n'est pas alimenté électriquement en assurant une redondance (1d), le ou les autres stators (1, 1a à 1c) étant alimentés électriquement pour délivrer un couple d'assistance destiné à un volant de direction du véhicule, caractérisé en ce que, quand une anomalie est détectée sur un stator (1, 1a à 1c) alimenté électriquement, il est procédé à l'activation de l'alimentation électrique dudit au moins un stator assurant une redondance (1d).
- 15 11. Procédé de commande d'un moteur (M) électromagnétique à flux magnétique axial à plusieurs entrefers d'une direction assistée selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'intensité (i, ia à id) de l'alimentation électrique de chaque stator (1, 1a à 1d) est réglable en fonction d'un couple à fournir par la direction assistée, l'intensité (i, ia à id) électrique étant répartie également entre tous les stators (1, 1a à 1d) ou un (1d) au moins des stators (1, 1a à 1d) étant non alimenté électriquement ou alimenté à une intensité (id) moindre que les autres stators (1, 1a à 1c).
- 20
- 25

**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 819176  
FR 1502336

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
X	WO 99/57000 A1 (KRUPP PRESTA AG [LI]; BATTLOGG STEFAN [AT]) 11 novembre 1999 (1999-11-11)	1,4,9	H02K16/00 H02K1/27 H02K11/30
Y	* page 5, ligne 1 - page 8, ligne 13 *	2,3,5-8, 10,11	B62D5/04 H02K1/16
Y	----- EP 1 863 154 A2 (HONEYWELL INT INC [US]) 5 décembre 2007 (2007-12-05) * alinéa [0022] - alinéa [0029] *	2,3,5,11	
Y	----- US 2013/257328 A1 (ARAI KANTA [JP] ET AL) 3 octobre 2013 (2013-10-03) * alinéa [0034] - alinéa [0040] *	6,7,10	
Y	----- WO 2014/089613 A1 (AXIFLUX HOLDINGS PTY LTD [AU]) 19 juin 2014 (2014-06-19) * page 18, ligne 6 - ligne 18 * * page 33, ligne 17 - page 39, ligne 33 *	8	
A	----- WO 2010/092403 A2 (ISIS INNOVATION [GB]; WOOLMER TIM [GB]) 19 août 2010 (2010-08-19) * alinéa [0043] - alinéa [0047] *	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  H02K B62D
A	----- DE 10 2013 112525 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 21 mai 2015 (2015-05-21) * abrégé *	1-11	
A	----- US 6 564 664 B1 (BATTLOGG STEFAN [AT]) 20 mai 2003 (2003-05-20) * abrégé *	1-11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 juin 2016		Frapporti, Marc	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arriére-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document interscalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1502336 FA 819176**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 24-06-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9957000	A1	11-11-1999	AUCUN	
EP 1863154	A2	05-12-2007	EP 1863154 A2 US 2009072083 A1	05-12-2007 19-03-2009
US 2013257328	A1	03-10-2013	CN 103359159 A DE 102013103016 A1 JP 5594312 B2 JP 2013215040 A US 2013257328 A1	23-10-2013 02-10-2013 24-09-2014 17-10-2013 03-10-2013
WO 2014089613	A1	19-06-2014	AU 2013360014 A1 TW 201444268 A US 2015318772 A1 WO 2014089613 A1	02-07-2015 16-11-2014 05-11-2015 19-06-2014
WO 2010092403	A2	19-08-2010	CN 102396138 A CN 103647420 A EP 2396874 A2 GB 2468019 A JP 2012518378 A US 2011309694 A1 WO 2010092403 A2	28-03-2012 19-03-2014 21-12-2011 25-08-2010 09-08-2012 22-12-2011 19-08-2010
DE 102013112525	A1	21-05-2015	AUCUN	
US 6564664	B1	20-05-2003	CN 1346320 A DE 50001380 D1 EP 1165357 A1 ES 2190949 T3 JP 2002541011 A US 6564664 B1 WO 0059766 A1	24-04-2002 10-04-2003 02-01-2002 01-09-2003 03-12-2002 20-05-2003 12-10-2000